

# ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПО ТИПАМ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ДУГОВЫМИ СПОСОБАМИ СВАРКИ, ПО РЕЗУЛЬТАТАМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ДИФРАКЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Денис Александрович Бачаев<sup>1</sup>, 2-М.П. Савичев<sup>2</sup>, 3- Д.А. Аджибаев<sup>3</sup>, 4- В.В. Атрощенко<sup>4</sup>

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»  
(УГАТУ), г. Уфа.

[denisba4aev14@gmail.com](mailto:denisba4aev14@gmail.com)<sup>1</sup>, [savichevmax@mail.ru](mailto:savichevmax@mail.ru)<sup>2</sup>, [danno23@mail.ru](mailto:danno23@mail.ru)<sup>3</sup>, [91250@mail.ru](mailto:91250@mail.ru)<sup>4</sup>

**Аннотация:** Целью работы является разработка критериев идентификации и интерпретации дефектов сварных соединений, полученных дуговыми способами сварки, по результатам ультразвукового контроля дифракционно-временным методом (TOFD)

**Ключевые слова:** ультразвуковой контроль, неразрушающий контроль, сварные соединения, дефекты, TOFD.

TOFD-метод основан на взаимодействии ультразвуковых волн с краями несплошностей. Это взаимодействие приводит к излучению дифракционных волн в широком диапазоне углов. Обнаружение дифракционных волн позволяет установить наличие несплошности.

Время прохождения регистрируемых сигналов является мерой оценки высоты несплошности. Размер несплошности всегда определяется временем прохождения дифракционных сигналов. Амплитуда сигнала не используется для определения размера.

Основная конфигурация TOFD-метода состоит из разделенных ультразвукового излучателя и приемника. В связи с тем, что дифракция ультразвуковых волн слабо зависит от ориентации края несплошности, обычно используются преобразователи продольной волны с широко расходящимся пучком лучей. Это дает возможность проведения контроля требуемого объема за одно линейное сканирование. Однако при этом предъявляются ограничения к объему, который может быть проконтролирован за одно сканирование.

Дифракционно-временной метод является достаточно точным и в некоторых случаях способен полностью заменить использование рентгенографического метода. Согласно анализу результатов, полученных при сравнении эффективности применения дифракционно-временного метода и радиографии, TOFD-метод позволяет провести измерения размеров дефекта и глубину его залегания в материале. В частности, TOFD-метод показал себя более чувствительным к таким дефектам, как плоскостные трещины. Из прочих преимуществ данного метода контроля можно отметить безопасность, отсутствие расходных материалов и быстроту получения результатов.

Первым сигналом, попадающим на приемник после излучения ультразвукового импульса, обычно является головная волна, которая проходит прямо под верхней поверхностью объекта контроля. При отсутствии несплошностей вторым сигналом, прибывающим на приемник, является эхо-сигнал от донной поверхности. Эти два сигнала обычно применяются для установления контрольных точек. Если пренебречь изменением фазы волны, любые сигналы, создаваемые несплошностями в материале, должны поступать между головной волной и эхо-сигналом от донной поверхности (с учетом того, что последние две отвечают, соответственно, самому короткому и самому длинному путям между излучателем и приемником). По тем же причинам дифракционный сигнал, созданный верхним краем несплошности, придет до сигнала, созданного нижним краем несплошности.

В TOFD преобразователях предусмотрен высокий уровень затухания и широкая полоса пропускания для низкоуровневых продольных волн в стали. Наиболее распространены

TOFD ПЭП с частотой 10-15 МГц. Меньшие частоты используются для контроля в нескольких зонах, где требуются длинные УЗ-пути и большое межжосевое расстояние (PCS).

Группа TOFD использует линейное сканирование под углом продольной волной двумя ПЭП, работающими в раздельно-совмещенном режиме. Они выставляются таким образом, чтобы центр луча передатчика и приемника фокусировался на нужной позиции в сварном шве. Обычно это 2/3 толщины (66%) при контроле одной группой TOFD. При отсутствии усилителя не важно, какой ПЭП является передатчиком, а какой приемником.

Луч группы TOFD может фокусироваться двумя способами:

1. Изменение угла падения луча за счет смены призмы.
2. Изменение межжосевого расстояния ПЭП (PCS) при их смещении.

Межжосевое расстояние (PCS) — расстояние между точками выхода луча двух ПЭП. Эта величина требуется как в ходе контроля, так и при калибровке УЗ данных для определения высоты и глубины дефекта.

Для расчета используется следующая формула:  $PCS = (2t * FD) * \tan A$ ,

где  $t$  – толщина;

$FD$  - глубина фокусировки (обычно 66% для одной группы TOFD);

$\tan A$  - тангенс угла входа луча. (обычно 60° или 70° для одной группы TOFD).

В ходе TOFD-контроля рассматривается участок между продольной волной на поверхности сварного шва и донным сигналом. Сигнал между поверхностной волной и донным эхосигналом является продольной волной, и программа может калибровать линейки и курсоры по УЗ осям для обеспечения точности измерений. После сигнала, отраженного от задней стенки, показана область детектирования поперечных волн, что удобно для выявления дефекта, но невозможна калибровка для высокой точности измерений.

В настоящий момент за рубежом и на территории Республики Беларусь разработаны и введены в действие все необходимые стандарты для широкого применения метода TOFD. В России нормативная документация проходит стадию утверждения. Для применения метода TOFD требуется дополнительное обучение дефектоскописта УЗК настройке и калибровке оборудования, и расшифровке сканов TOFD. Обучение правильной интерпретации дефектов по сканам TOFD проводится на изображениях типовых дефектов.

В настоящий момент подготовлены образцы для исследований, представляющий собой сварные листы 300\*300 мм и толщиной 8 мм. Образцы проконтролированы визуально-измерительным контролем, цифровой радиографией и ультразвуковым контролем эхо-импульсным методом с применением фазированных антенных решеток. Проведение TOFD будет производиться на новом отечественном дефектоскопе УСД 60/128ФР.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кретов Е.Ф. Методические аспекты УЗК дифракционно-временным методом в европейских стандартах. – В мире НК. – Сентябрь 2011 г. – № 3 (53). – С. 47–49.
2. СТБ EN 583-6-2013 Контроль неразрушающий. Ультразвуковой метод. Часть 6. Дифракционно-временной метод обнаружения и измерения несплошностей
3. СТБ EN 10863 Контроль неразрушающий сварных соединений. Ультразвуковой метод. Применение дифракционно-временного метода (TOFD).
4. СТБ EN 15617-2013 Контроль неразрушающий сварных соединений. Дифракционно-временной метод (TOFD). Границы допустимости.
5. ISO 16828:2012 - Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Дифракционно-временной метод (TOFD), как метод обнаружения и определения размеров несплошностей.
6. ISO 23279:2010 - Неразрушающий контроль сварных швов. Ультразвуковой контроль. Определение параметров индикаций в сварных швах.

7. Сайт компании «Olympus» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.olympus-ims.com>. – Дата доступа: 20.02.2022.

8. Сайт «TOFD и фазированные решетки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tofd-ra.ru>. – Дата доступа: 20.02.2022.

9. *Сергеев С.С, Прокопенко Е.Н., Сергеева О.С.* Приборы и методы акустического контроля. Методические указания к самостоятельной работе студентов специальности 1-540102 «Методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов». – Могилев; ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет, 356 (2014).